JAXA's
009 [ジャクサス]
宇宙航空研究開発機構機関誌

009 宇宙航空研究開発機構機関誌

contents

表紙 小杉健郎「SOLAR-B」プロジェクトマネージャー
Photo:Kaku Kurita

INTRODUCTION

今年はじめに3連発の打ち上げの盛り上がりがあり、「はやぶさ」「だいち」をはじめとする成果の開陳がつづき、現在第3のうねりが準備されつつあります。その先鋒が太陽観測衛星SOLAR-Bです。1990年代の太陽観測を席巻した「ようこう」を継ぐ巨大な成果をめざして、いま内之浦で静かに準備されつつあります。表紙にはそのプロジェクトマネージャーの小杉健郎教授に登場していただきました。

『Science』誌の表紙を飾り、その１冊まるごと特集を組ませた「はやぶさ」のこれまでの成果の要点を、噛み砕いてまとめました。「はやぶさ」と「だいち」の人間味溢れる内幕をプロジェクトマネジャーが吐露したJAXAシンポジウムもレポートしてあります。

科学技術広報に関わる担当者の座談会を開きました。非常に興味深い内容だったので2回に分けて掲載します。今回は第1回です。

全国の学校現場と熱いネットワークを作りつつある宇宙教育センターの現場も覗いていただきます。

日本の宇宙の今年の後半戦を睨んで、猛暑に乾杯！

「見えない宇宙を見てやろう」

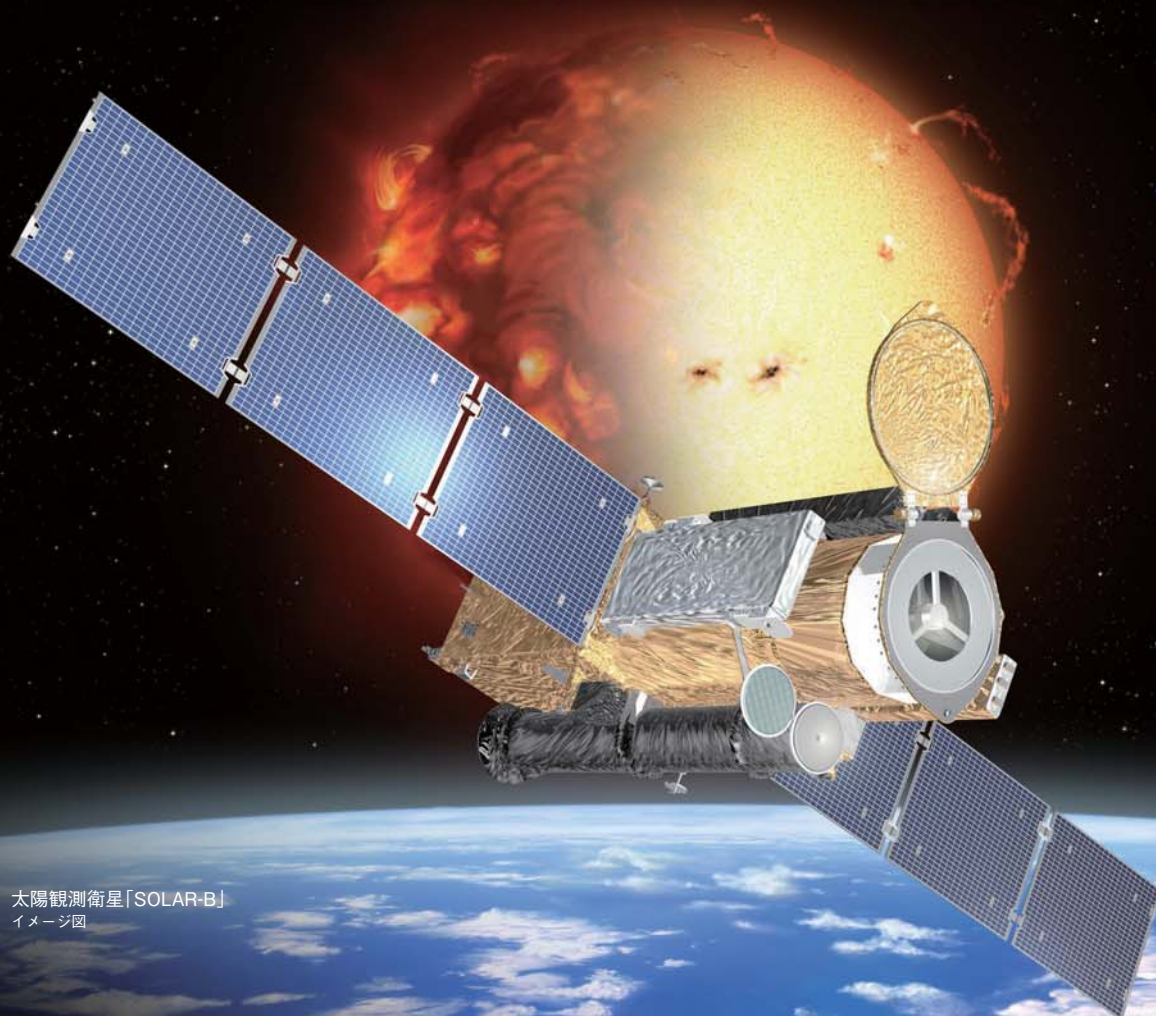
科学衛星「SOLAR-B」が探る太陽の姿

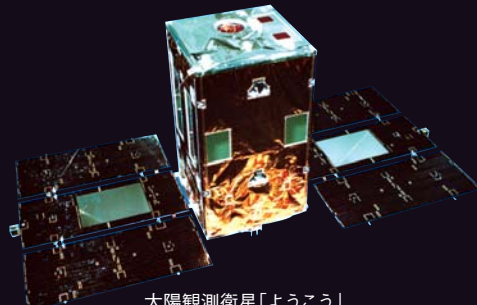
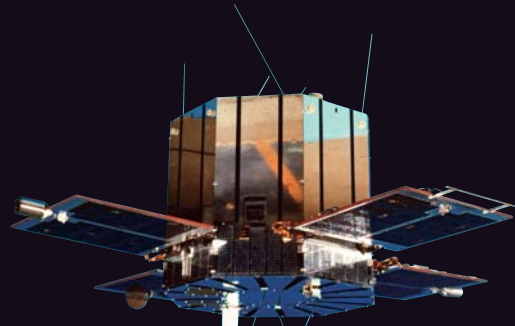
2006年9月に打ち上げを予定している「SOLAR-B」は、太陽の爆発的な活動現象の源を探る科学衛星です。太陽表面の磁場のベクトルを測定する世界初の可視光望遠鏡、そして太陽の大気を観測する最新の軟X線望遠鏡、極端紫外線撮像分光装置の３種類の望遠鏡を搭載し、太陽大気中の磁場や電流、速度分布を精密に観測します。それにより太陽での爆発のメカニズムを明らかにして、太陽が地球に及ぼす影響の予測に大いに貢献すると期待されています。今回は、この「SOLAR-B」のプロジェクトマネージャーを務める小杉健郎教授に話を聞きました。

「SOLAR-B」プロジェクトマネージャー
宇宙科学研究本部 研究総主幹・教授
小杉健郎

エネルギーの蓄積から解放までコロナの磁場活動のすべてを調べる

―今年打ち上げ予定の太陽観測衛星ＳＯＬＡＲ－Ｂについて、お話をうかがいたいと思います。日本はこれまで１９８１年に「ひのとり」、91年に「ようこう」という２機の太陽を観測する衛星を打ち上げました。とくに「ようこう」は10年以上にわたって太陽のコロナを観測し、大きな成果をあげました。まずは、「ようこう」によってどのようなことがわかったのか、そのあたりからお話しいただけますか。

小杉　まず、太陽コロナというものがどれだけ変動に富んでい

太陽観測衛星「SOLAR-B」
イメージ図

「ようこう」の
軟X線望遠鏡が観測した
5年間の太陽コロナの変遷

太陽観測衛星「ようこう」

太陽観測衛星「ひのとり」

るかということが明らかになったということでしょう。太陽コロナを連続して観測して、映画にして見るまで、われわれはコロナがあんなにいきいきと変動するということを知らなかったんです。太陽というものへの認識を変えるという点で、非常に大きな意味があったと思います。

「ようこう」はコロナをフィルターを取り替えつつ動画的に観測しましたから、コロナの温度の分布がどうなっているかとか、コロナの中での流体の流れがどうなっているのか、そういうこともわかりました。それから太陽フレアという大爆発があるのですが、従来これは太陽表面で起こる現象と考えられていました。しかし「ようこう」の観測で、爆発の本体はコロナの中にあるということが最終的に明らかになりました。

―太陽のコロナというのは、簡単にいうと、どのようなものなのでしょうか。

小杉　一言でいうと、コロナというのは、超高温だけれども非常に希薄な水素とヘリウムのガスです。太陽の中心部では核融合反応が起こっていて、温度は1500万度くらいあります。そこでつくられた熱エネルギーが輸送されて太陽の表面に来ると、6000度くらいまで下がるのですけれども、不思議なことに、コロナの温度は100万度から300万度という超高温にまではね上がるのです。

―「ようこう」でそういう太陽コロナのダイナミックな活動が明らかになった。それでは、SOLAR-Bでは、どのようなことを調べるのでしょうか。

小杉　コロナの構造を決めているのは、磁力線、太陽磁場の配置なんです。その磁場をつくっているのは、対流層という太陽表面の下にある層での運動です。そこでつくられた磁力線が太陽表面に突き抜けてくる、その切り口の代表選手が黒点ということなんですね。

「ようこう」はコロナでの爆発現象のメカニズムをとらえた。SOLAR-Bは、コロナの磁場活動全体を、エネルギーが蓄積されてから解放されるまでの全部を調べてやろうとしています。黒点というのは、時々刻々動いているんですね。その動きをとらえつつコロナの様子を見てやるということができると、どのような磁場が太陽表面に上がってくると、どのようにして爆発が起こるかとかいうメカニズムが初めてわかる。さらに、そもそもコロナがなぜ100万度から何百万度という高温なのかという、そのメカニズムまでわかるのではないかと期待しています。

口径50㎝の可視光望遠鏡で太陽磁場を立体的に観測する

―SOLAR-Bには3種類の望遠鏡が搭載されます。まず、可視光の望遠鏡ですが、これで太陽の磁場を観測するわけですね。

小杉　磁場の影響を受けるような特定の原子から出る光を観測するのですが、磁場の強さだけでなく、その向きも調べます。太陽磁場を三次元的に見ることができるというのがセールスポイントなのです。

―磁力線というのは普通、目には見えないものですから、それが見えてくるというのはすごいですね。しかもそれが三次元的にわかる。この可視光望遠鏡は、宇宙にもっていく太陽望遠鏡としては口径がこれまでいちばん大きいということですが。

小杉　可視光の領域は地上からでも観測できますから、よほど特長をもたせないと、可視光の望遠鏡を宇宙にもっていく意味がないんです。SOLAR-Bには口径50㎝の望遠鏡がついていますが、今お話ししたように、太陽磁場を三次元的に捉え、しかも異なった温度の層から放射されるいろいろな光で太陽を立体的に観測できる。そういうところに大きな特長をもたせています。

地上から太陽の磁場を観測するというのはなかなか難しいのです。解像度でいうと、実質的には3秒角ぐらいしかまでしか観測できない。SOLAR-Bでは0.2秒角の解像度が得られます。

―解像度がそこまで上がると、太陽黒点だけでなく、もっと細かないろいろなものが見えてくるのではないでしょうか。

小杉　太陽黒点というのが磁場の大きな塊だとしますと、実は黒点のないところにも、小さな磁場がかき集められた場所があるのです。今まであまり研究ができてなかったそういう小さな磁場の単位がどうやって成長していくかということや、黒点というものがそもそもどうやってできてくるのか、というところにまで迫る研究ができるのではないかと思っています。

―その他の2つの望遠鏡のうち、X線望遠鏡についてはいかがでしょうか。

小杉　これは一言で言うと、「ようこう」の軟X線望遠鏡の拡張版です。だからほとんど原理的には同じで、スケールアップに近いものです。解像度がおよそ3倍に上がっています。コロナのいちばん高温の成分を観測できる上に、「ようこう」ではやや弱

点だったコロナの主要な成分である150万度くらいの温度層や、さらにそれより低い温度の領域も観測できるようになっています。

―可視光で観測して、太陽表面で何か磁場の現象が起こったとき、それがコロナにどんな影響を与えるかが軟X線でわかってくるということでしょうか。

小杉　はい。可視光の望遠鏡とX線の望遠鏡、両方つなぎ合わせて、太陽の表面とコロナの部分が、全体としてどういう相互作用をしているかという全貌を見ようということですね。この2つをつなぐところに、極端紫外線撮像分光装置というもう1つの望遠鏡が役割を果たします。

―この紫外線望遠鏡はどういう役割を果たすのでしょうか。

小杉　いろいろなスペクトル輝線で同時に画像を撮り、そのスペクトルを解析することによって、コロナの密度や温度、動きを見るのです。可視光の望遠鏡とX線の望遠鏡、そしてこの望遠鏡が同時に同じところを見ることで、コロナの様子を詳しく知ることができます。

日米欧の三本柱で実施する国際共同事業

―SOLAR-Bは国際協力で行われているという面もありますね。

小杉　「ひのとり」は純国産の衛星でした。「ようこう」の観測機器については、半分が国際協力でした。今度のSOLAR-Bは3つの望遠鏡がすべて国際協力でつくられています。たとえば可視光望遠鏡の場合は、望遠鏡の本体部分は日本が責任をもち、検出器はアメリカが責任をもちました。X線望遠鏡はそのちょうど逆だったりして、それぞれ得意なところをもちよったという形でやってきています。また、紫外線望遠鏡はイギリスが製作とりまとめを担当しました。打ち上げ後は、衛星のデータの大部分は、ESAの資金により北極圏にあるノルウェーの局に下ろします。そういう意味では、日本、アメリカ、ヨーロッパという三本柱の国際協力をやっているのです。

―先生が先ほどおっしゃられた、コロナがなぜあれだけ高温になるのかというのは、コロナに関する最大の謎の1つですね。メカニズムなどもわかってくるものでしょうか。コロナがなぜ熱くなるのか、現在はどのような考えがあるのでしょうか。

小杉　1つはフレアのような爆発現象の小規模のものが無数にコロナで起こっていて、それが全体としてはコロナを温めているという考えで、「マイクロフレア仮説」とか、もっと規模の小さな「ナノフレア仮説」というふうに呼ばれています。太陽フレアというのは、互いに逆方向を向いた磁力線同士で磁力線のつなぎ換え現象が起こるのです。この現象を磁気リコネクションと言っていますが、これが小さな規模でたくさん起こっているのではないかという説ですね。

もう1つの説は、磁力線の波がぶつかり合って、それがエネルギーになっているのではないかというものです。ただし、どちらの説も今のところ、エネルギーが熱に変わるプロセスがよく説明できていないのです。

―そのあたりはこれからSOLAR-Bでわかってくるのでしょうか。

小杉　はい、わかってくると思います。

―それ以外に、SOLAR-Bでわかってくるのではないかと、先生が期待されているものはありますか。

小杉　いろいろありますね。X線望遠鏡は「ようこう」よりグレードアップしていますから、これまではもやもやとしか見えていなかったものが、もっときれいに見えてくるでしょう。それから、可視光望遠鏡では太陽磁場の三次元的な姿が見えてくる。SOLAR-Bは1年のうち8か月以上にわたって地球の陰に入りません。だから、完全に連続して太陽を観測できるのです。ということは、今まで見落としていたようなことがいろいろ見つかってくる可能性があると思います。

それからもう1つ、可視光望遠鏡で期待しているのは、太陽表面のゆれを連続して観測して、太陽の内部を見ることができる

SOLAR-Bの軌道イメージ

かもしれない。たとえば黒点の下の層がどうなっているのかというようなことです。そうするとこれからフレアを頻発しそうなすごい黒点群が浮上してくるのを、浮上する前に予測できるかもしれません。

―太陽表面とコロナの両方で何が起きているのかを同時に観測できるというのがSOLAR-Bの大きな特長ですね。太陽で何が起こっているかが詳しくわかってくると、いわゆる「宇宙天気予報」に利用できるようになりませんか。

小杉　今行われている宇宙天気予報には2つ大きな要素があります。1つは地球に磁気嵐を起こすような太陽からの影響です。太陽からは周囲の空間に太陽風といわれるものが流れ出していますが、ときにはこれが強力な津波のように地球に押し寄せてくることがあります。この津波が地球にまで来るには数日間かかりますから、太陽でこうした現象が起こったことを観測していれば、あと何時間でこれが来るというのが予報できます。

もう1つ、特に宇宙空間で暮らしている宇宙飛行士にとって心配なのは、太陽フレアの爆発に伴ってつくられた高エネルギー粒子が飛んでくることです。これも太陽でフレア爆発が起こると、およそ500秒後には知ることができます。実際に粒子が飛んでくるのはさらに500秒くらいかかりますから、およそ10分前には、太陽で大爆発が起きたという注意報を出せます。

今後は、たとえば宇宙飛行の計画を立てるときに、1週間後あるいは1か月後の予報を出せるかどうかです。SOLAR-Bの観測により、出現した黒点がこれから巨大な爆発を起こしそうかどうかというのを、予測することができるようになるかもしれません。

―太陽というのはわれわれにいちばん近い恒星です。太陽についてこれだけいろいろなことがわかってくると、天文学の他の分野にも貢献できるようになるのではないでしょうか。

小杉　実は「ようこう」のデータは太陽研究者以外のところにものすごい反響を呼んだんです。1つは地球の周りの磁気圏を調べる分野です。地球の磁気圏でも磁気リコネクションといった同じような現象が起きているからです。

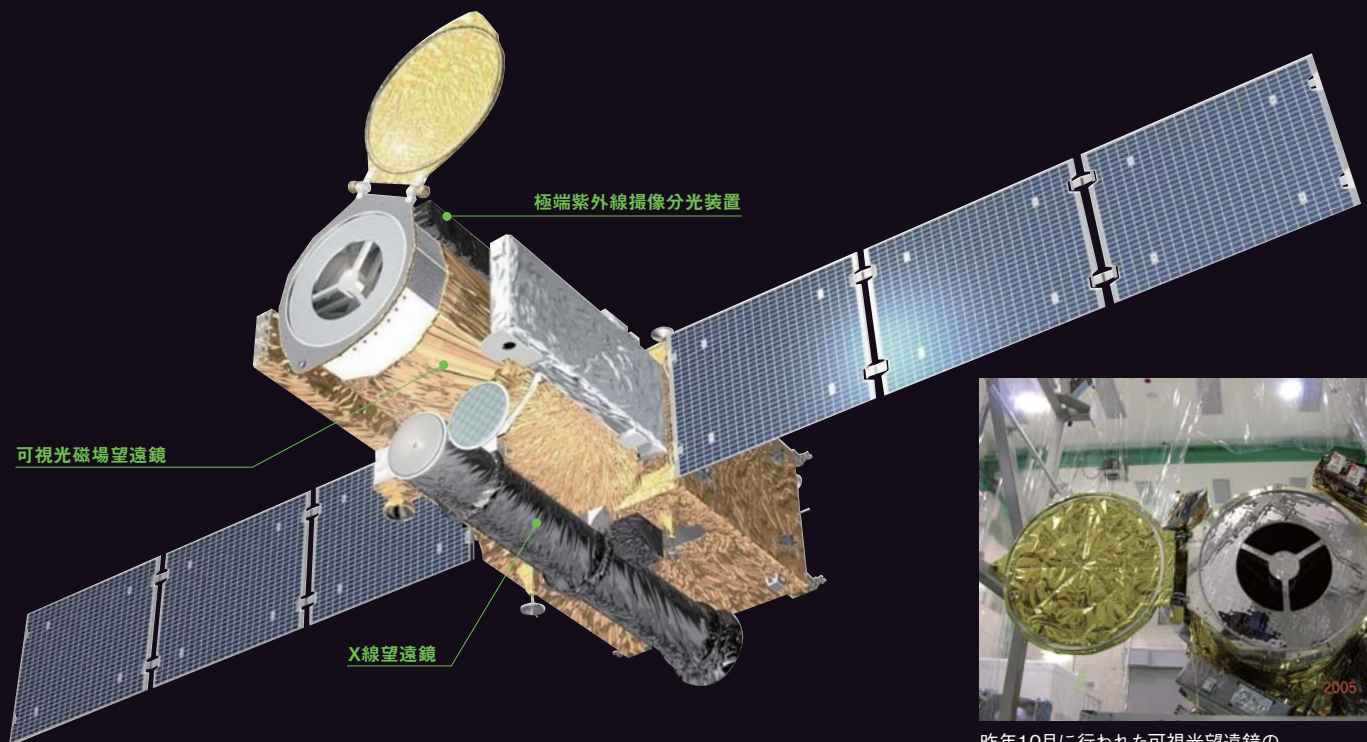
中性子星の周りで起こる爆発現象を研究しているグループは、太陽フレアと同じメカニズムで爆発現象を説明できるのではないかと考えています。また、銀河団の周りに超高温のコロナがあるのではないかと研究しているグループも「ようこう」のデータに興味をもっています。宇宙を支配している1つの重要な要素としての磁場の研究が大事だということになってきました。そういう意味では太陽の研究は、天文学的に見ても、地球物理学的に見ても、たいへん面白い位置にありますね。

―SOLAR-Bの打ち上げはいつごろに予定されていますか。

小杉　現在われわれは9月23日を打ち上げ予定日として進めています。それで今、衛星の最後の試験段階にあります。

―最後にSOLAR-Bに対する先生の期待をお話しください。

小杉　「ようこう」ではX線で太陽のコロナを観測しました。SOLAR-Bではそれに加えて、今まで観測されてない太陽表面の詳細な磁場を見てやろうとしています。ですから、SOLAR-Bが目的とする科学成果をどんどん生み出すことを期待しています。

それからもう1つ、このミッションが今後、太陽観測以外の分野に応用されていくことを期待しています。われわれが作ったSOLAR-Bの可視光望遠鏡というのはものすごい技術なんです。この技術が、たとえば太陽系外の惑星を探す望遠鏡を作るとか、いろいろなところに使われていくというのは、かなり大事なことだと思います。SOLAR-Bの成果を生かして、若い人たちが太陽にとらわれず、もっと広い分野で活躍することを期待したいと思います。

昨年10月に行われた可視光望遠鏡のドア展開試験

「SOLAR-B」に搭載する望遠鏡

宇宙がつむぐあなたの未来

JAXAシンポジウム2006～宇宙航空最前線レポート～

的川泰宣・宇宙教育センター長(左)と
立川敬二・JAXA理事長(右)

北野宏明氏(左)と
瀬名秀明氏(右)

JAXAは2006年7月4日、東京・有楽町で「JAXAシンポジウム2006～宇宙航空最前線レポート～」を開催しました。
前半は「JAXA2005－2006ビッグ・プロジェクト・レビュー」と題して、今年1月に打ち上げた地球観測衛星「だいち」と、3億キロ彼方の小惑星「イトカワ」へ到達した探査機「はやぶさ」の開発担当者に、ノンフィクション作家の山根一眞氏がそれぞれ1時間ずつ話を聞きました。

後半の1時間は、気鋭のイノベーターたちが語る「宇宙活動におけるロボットの可能性」をテーマに、「AIBO」や「PINO」などのロボット開発に携わった北野宏明氏、小説「パラサイト・イヴ」で日本ホラー小説大賞を受賞したSF・科学ノンフィクション作家の瀬名秀明氏に、JAXAの立川敬二理事長と的川泰宣・宇宙教育センター長が加わり、それぞれの視点から宇宙開発におけるロボットのあり方について語り合う特別セッションを行いました。

山根一眞氏

富岡健治・「だいち」
プロジェクトマネージャー

島田政信・
研究領域リーダー

川口淳一郎・「はやぶさ」
プロジェクトマネージャー

科学誌『Science』が小惑星イトカワ特集号を発行

「小惑星イトカワ特集号」の表紙に、ミッション関係者がサインを寄せた

前「はやぶさ」サイエンスマネージャー

藤原顕 氏

❶論文題名の和訳

「はやぶさ探査機によって観測されたラブルパイル小惑星イトカワ」

❷つまりそれはどういうことか?

イトカワは瓦礫(ラブル)の積み重なった(パイル)、空隙の多い構造である、ということです。〝雷お

手にしているのは実測データをもとに製作された、2000分の1スケールのイトカワ精密モデル

はやぶさプロジェクトチーム主任研究員

齋藤潤

❶論文題名の和訳

「はやぶさから見た小惑星25143イトカワの詳細画像」

❷つまりそれはどういうことか?

小さい小惑星なので、形状や表面もそんなに複雑であるはずがない。岩のかけらか砂の塊か、あるいはでっかい隕石のようなものではないかと思っていたんです、到着前は。でも全く違っていました。プロジェクトチームでは研究の便宜をはかる意味からも、はやぶさの表面地形に地名をつけましたが、これほどたくさんの地名がつくほど複雑な地形をしているとは、まったく予想していませんでした。

❸用いた観測機器・観測手法は?

7色のフィルターを搭載したカメラ〝AMICA〟が意外な大活躍をしました。地形だけでなく色や明るさのバリエーションも予想以上で、

REPORT

Detailed Images of Asteroid 25143 Itokawa from Hayabusa

会津大学コンピュータ理工学部講師

出村裕英 氏

❶論文題名の和訳

「小惑星25143イトカワの極と全体形状」

❷つまりそれはどういうことか?

重要なことは、イトカワは「丸くなかった」「いびつだった」ということです。私が担当したのはイトカワの立体地図づくりでしたが、これそのものが科学的成果であるというよりは、イトカワ攻略のために必要となるものでした。この地図をもとにイトカワに接近し着陸するわけですから。

❸用いた観測機器・観測手法は?

カメラとレーザー高度計〝LIDAR〟を使いました。LIDARでイトカワまでの距離が分かると、カメラで得られた画像の1ピクセルが何メートル四方に相当するかが分かります。

距離が近づくほど1ピクセルの寸法(面積)が小さくなります。そして、イトカワの自転で得られた、異なる角度からの複数の画像を「立体視」することで、表面の凹凸の具合、つまり三次元形状を求めることができるわけです。

イトカワの形状をいろいろに想定し、はやぶさに搭載しているカメラと同じ機器を使い、2年間かけて準備を行って来ました。その中で、さまざまな解析ツール(ソフトウェア)

小惑星イトカワの写真がアメリカの科学誌『Science』の表紙を飾った。同誌2006年6月2日号は、27ページを割いて探査機はやぶさの成果を伝える「小惑星イトカワ特集号」となったのである。

　かのトーマス・エジソンが創刊し今年で126年目を迎える同誌は、たとえば「ヒトゲノム特集号（01年2月）」などのように、人類が到達し得た知の高みを象徴する出来事に際して特集号を編む。

　今回の特集では「はやぶさ」サイエンスマネージャーを務めた藤原顕教授（今年3月で退官）による論文をはじめ、7編が掲載された。日本の惑星探査計画の成果がこれほどの規模で取り上げられたのは初めてのことである。

　同誌編集長のドナルド・ケネディ博士は藤原教授に寄せた書簡の中で、

「子どもから科学者まで、そして言うまでもなく映画監督も、小惑星にその想像力をかき立てられてきました――小惑星は何でできているのか、そしてどのような姿をしているのか。

　数十年もすれば、はやぶさによって撮影されたイトカワの写真がきっかけになったという宇宙科学者が現れることでしょう」

と、イトカワ観測のインパクトの大きさを評している。

　そして書簡を「日本の宇宙科学研究のレベルの高さ、ならびに研究全般の質の高さを証明する今回の研究を弊誌に掲載できることは光栄の限りです」との賛辞で結んでいる。

　同誌は必ずしも科学者だけを対象とした雑誌ではないが、掲載される原稿が厳密さを要求される科学論文だけに、一般の読者の理解からは遠いものとなってしまっている現実がある。

　そこで本稿では、論文の筆頭著者7名に素朴な質問をぶつけ、なるべく平易な言葉でそれに答えてもらおうとした。質問は次の5つである。

❶論文題名の和訳

❷つまりそれはどういうことか？

❸用いた観測機器・観測手法は？

❹この結果、どういう新たな謎が生じたか？

❺そして、人類に何がもたらされたか？

　インタビューは7月12〜14日にかけ東京大学・武田先端知ビルで開催された「第2回はやぶさ国際シンポジウム」の会場で行った。発表の合間の時間を割いて、ときに突拍子もない質問に丁寧に答えていただいた研究者の皆さんにお礼を申し上げたい。（写真・文／喜多充成）

こし〟ですか？　ええ、そういうイメージを持っていただいてもいいと思いますよ。

❸用いた観測機器・観測手法は？

　地球からのレンジング（電波による精密な距離測定）や、探査機に搭載されたレーザー高度計〝LIDAR〟などを用いましたが、いちばん重要なことは、ある質量をもった物体、すなわち探査機を小惑星のそばまで持って行ったということです。

❹この結果、どういう新たな謎が生じたか？

　これまでの〝小惑星観〟に混乱を与えています。大混乱といっていいかもしれない（笑）。イトカワ以前に最も詳しく調べられていた小惑星エロスの観測結果とイトカワの観測結果の間に、全く一貫性がないからです。今回の初期観測成果の発表で我々は、世界に向かって〝謎かけ〟をしたことになるわけです。

❺そして、人類に何がもたらされたか？

　ごく普通の、ありふれた小惑星の姿を人類は初めて見たことになります。スペースガード（地球衝突の可能性のある天体探査）的な貢献を評価してくれる人も多いですね。海外の通信社からもそうした観点からの取材を受けましたよ。

HAYABUSA AT ASTEROID ITOKAWA

REPORT

The Rubble-Pile Asteroid Itokawa as Observed by Hayabusa

A. Fujiwara, J. Kawaguchi, D. K. Yeomans, M. Abe, T. Mukai, T. Okada, J. Saito, M. Yoshikawa, D. J. Scheeres, O. Barnouin-Jha, A. F. Cheng, H. Demura, R. W. Gaskell, N. Hirata, H. Ikeda, T. Kominato, H. Miyamoto, A. M. Nakamura, R. Nakamura, S. Sasaki, K. Uesugi

こんなに使うことになるとは想像していませんでした。

❹この結果、どういう新たな謎が生じたか？

　それはもう、「なぜ、イトカワはこうなのか？」です。カタチそのものが謎です。いろんな仮説が提唱され、実験や数値シミュレーションや、新たな探査機などが計画されることでしょう。

❺そして、人類に何がもたらされたか？

　抽象的な言い方になりますが、新世界の範囲を拡大した、ということになりますね。また、今後1世紀ぐらいの実利的な側面でいうと「宇宙資源利用のための資源探査の第一歩」ということになるでしょうか。

地名の検討に用いられた資料

を作りましたが、多くはそのままでは使えませんでした。予想をはるかに超える複雑な形状をしていたからです。

❹この結果、どういう新たな謎が生じたか？

　人間の直感というものは、厳密な証明のプロセスをすっ飛ばし、いきなり「答え」に連れて行ってくれるようなところがあります。イトカワを立体視で眺めてみたとき「これは間違いなく、2つのモノが合体してできている！」と直感しました。

　だって明らかに、ラッコの首のあたりが、くびれているんですから。どうして2つが合体してこういうカタチになったのか。イトカワ誕生の謎がますます深まりました。

❺そして、人類に何がもたらされたか？

　「小さいものはシンプルであろう」という先入観を覆し、新たな小惑星観をもたらしました。はるか宇宙の彼方の天体のありようについて、お隣りの庭をのぞき込むような感覚で語れるようになったことも、無形ではありますが大きな成果だろうと思います。

REPORT

Pole and Global Shape of 25143 Itokawa

Hirohide Demura, Shingo Kobayashi, Etsuko Nemoto, Akira Yukishita, Noboru Muranaka, Hideo Morita, Ken Shirakawa, Hiroshi Ohyama, Masashi Uo, Takashi Kubota, Akira Fujiwara, Jun Saito, Sho Sasaki, Hideaki Miyamoto

海外向けの論文や宇宙開発委員会への成果報告の際にも登場した「イトカワラッコ」。関係者の間では何パターンかが存在する。写真は平田成氏（会津大学）によるもの

神戸大学COE研究員

阿部新助 氏

❶論文題名の和訳

「はやぶさ探査機による小惑星イトカワの質量と局所地形の計測」

❷つまりそれはどういうことか？

イトカワの重力に引っ張られ、イトカワに〝落ちていく〟探査機の位置の時間履歴から、イトカワの重力、ひいてはイトカワの質量を推定しました。いろいろ細かな補正項目はありますが、要はそういうことです。

❸用いた観測機器・観測手法は？

レーザー高度計〝LIDAR〟は、1秒おきにレーザー光を矢のように放ち、イトカワ表面での反射光を望遠鏡で捕らえ、その往復の時間から彼我の距離を測定する装置です。レーザー光の矢の長さは約14m。50m～50kmの距離から1～10mの精度が出せます。今回はイトカワ表面の約170万ポイントの計測を行いました。

❹この結果、どういう新たな謎が生じたか？

わかったことは、このラッコの体重が358億kgほどであるということ。そして平均密度が1立方cm当たり約2g弱という小さな値であることです。

これからするとイトカワは、「ゆるく握ったおにぎり」のような隙間の多い内部構造であろうと考えられます。でも、誰が握ったんでしょうね(笑)。

宇宙科学研究本部固体惑星科学研究系助手

安部正真

❶論文題名の和訳

「はやぶさ探査機による小惑星イトカワの近赤外線分光観測結果」

❷つまりそれはどういうことか？

イトカワが反射する光のうち、人間の目には見えない光の成分にも、その鉱物が何であるかを知る手がかりが豊富に含まれています。地質学でもよく用いられ、データの蓄積も豊富なごく当たり前の観測手法であり、地球観測で用いられることも多いです。

❸用いた観測機器・観測手法は？

REPORT

Near-Infrared Spectral Results of Asteroid Itokawa from the Hayabusa Spacecraft

M. Abe,[1] Y. Takagi,[2] K. Kitazato,[1,3] S. Abe,[4] T. Hiroi,[5] F. Vilas,[6] B. E. Clark,[7] ... S. M. Lederer,[9] K. S. Jarvis,[9,10] T. Nimura,[1,3] Y. Ueda,[3] A. Fujiwara[1]

宇宙科学研究本部固体惑星科学研究系助手

岡田達明

❶論文題名の和訳

「はやぶさ探査機による小惑星イトカワの蛍光X線分光観測」

❷つまりそれはどういうことか？

X線を受けると物質は、その元素に特有の波長で〝かすかな光〟を放ちます。これが蛍光です。その蛍光をとらえることで、そこにどんな元素がどんな比率で存在しているかが分かります。イトカワがどんな石からできていたかを、この手法で調べてみました。

❸用いた観測機器・観測手法は？

地上ではごく当たり前の分析手法なのですが、光が非常にわずかなので、遠隔観測ができません。モノを持ってくるか、そこに検出器を持って行かないと実現しない分析手法なんです。

さらに、検出器の他に重要なのはX線源で、これは〝太陽〟に頼りました。太陽フレアなどで太陽からのX線が強くなると、探査機への悪影響が心配されるわけですが、この観測には好都合だったりします。ちょうどタッチダウンのころにX線が強くなり、望んでいたような観測ができました。

❹この結果、どういう新たな謎が生じたか？

「イトカワは普通コンドライトでできている」ということを高い確度で言えるようになりました。そして

宇宙科学研究本部固体惑星科学研究系助手

矢野創

❶論文題名の和訳

「はやぶさ探査機による小惑星イトカワ上の〝ミューゼスの海〟地域へのタッチダウン」

❷つまりそれはどういうことか？

着陸地点は、砂利を固めた舗装道路のような様子であった、ということです。ちょうど龍安寺の枯山水(石庭)みたいな感じでしょうか。

❸用いた観測機器・観測手法は？

大きく分けて3系統の観測システムを使っています。カメラと、温度計と、サンプラーホーンの変形を検知するセンサーです。

温度計はX線検出器の指示値補正のため使われているものを流用しました。これでイトカワ表面の温度を計測し、その時間経過を見ることで表面の「熱容量」を推測し、イトカワの表面の様子を推定します。

どういうことかといいますと、もし相手が岩体だったなら「熱容量は小さい」(熱しやすく冷めやすい)わけですが、粒径の細かい砂だとしたら、ちょうど夏の砂浜が少し掘るとひんやりしているのと同じで「熱容量は大きく」なります。つまり熱容量が、イトカワの表面が岩なのか砂利なのか砂なのかを知る手がかりとなるわけです。

また、サンプラーホーンが接地したときの変形の様子から、表面の固さや摩擦の大きさなども推定できます。

これらのデータからの推論と、カメラで撮った画像のすべてが、〝数cm程度に粒の揃った小石が敷き詰められた状態〟を示唆していました。これは「その場所まで行き、触って測ったから分かった」ことです。この点が、これまでのリモートセンシング(遠隔観測)中心の惑星探査計画を圧倒的に上回っている部分です。

❹この結果、どういう新たな謎が生じたか？

着陸地点の「ミューゼスの海」は、立体視で確認したところ非常に平坦な場所だったわけですが、これも不思議ですね。地球上で平面ができるのは、主に重力と水や風などの作用によるものです。でも水も大気もなければ重力もごくわずかなイトカワの表面で、なぜこれほど平面性の高いエリアが存在するのか？ 惑星科学のこれまでの知見が通用しなくなってしまっています。

❺そして、人類に何がもたらされたか？

こうした謎に答えるための「微小重力地質学」といった新たな研究分野が生まれるかもしれませんし、大きな小惑星と小さな小惑星を同時にうまく説明するような統一理論が必要になっているのかもしれません。

いずれにせよイトカワ表面のサンプルがうまく戻ってきてくれれば、

イトカワ精密モデルの上に、
同スケールの「はやぶさ」のモデルも

REPORT

Mass and Local Topography Measurements of Itokawa by Hayabusa

Shinsuke Abe,[1*] Tadashi Mukai,[1] Naru Hirata,[1,2] Olivier S. Barnouin-Jha,[2] Andrew F. Chen
Hirohide Demura,[3] Robert W. Gaskell,[4] Tatsuaki Hashimoto,[5] Kensuke Hiraoka,[1]
Takayuki Honda,[1] Takashi Kubota,[5] Masatoshi Matsuoka,[6] Takahide Mizuno,[5]
Ryosuke Nakamura,[7] Daniel J. Scheeres,[8] Makoto Yoshikawa[5]

The ranging instrument aboard the Hayabusa spacecraft measured the surface topography of asteroid 25143 Itokawa and its mass. A typical rough area is similar in roughness to debris loc on the interior wall of a large crater on asteroid 433 Eros, which suggests a surface structure on Itokawa similar to crater ejecta on Eros. The mass of Itokawa was estimated as (3.58 ± 0.1 10^{10} kilograms, implying a bulk density of (1.95 ± 0.14) grams per cubic centimeter for a volu of (1.84 ± 0.09) × 10^7 cubic meters and a bulk porosity of ~40%, which is similar to that o angular sands, when assuming an LL (low iron chondritic) meteorite composition. Combined w surface observations, these data indicate that Itokawa is the first subkilometer-sized small aste showing a rubble-pile body rather than a solid monolithic asteroid.

The light detection and ranging instrument (LIDAR) aboard the Hayabusa spacecraft, described in (1–4), provided information on the shape, surface topography, and mass of the near-Earth asteroid 25143 Itokawa. The LIDAR measures distance by determining the time of flight for laser light to travel from the spacecraft to the

When the spacecraft arrived at Itokawa, used two methods to confirm the accuracy LIDAR ranging obtained from ground calibr of the LIDAR instrument (3) (±1 m fro distance of 50 m and ±10 m from 50 km). In approach, the size of the spacecraft shadow was cast on the asteroid surface at the cent

❺そして、人類に何がもたらされたか？

まず、日本に「一番乗り」の成果をもたらせたことがうれしいです。ワクワクドキドキの連続でしたから。また個人的には、はやぶさ再突入カプセルの観測を想定しての、スターダスト探査機のリエントリーカプセル観測（06年1月15日）と、論文のやりとりが重なってたいへんでした。

しかし、おかげで個人的には10年分ぐらいの経験値を得ることができました。はやぶさサンプル帰還が、人類にとっての大きなおみやげになってほしいと思います。

赤外線分光器とは、つまり特殊なカメラですが、撮像素子の画素数でいえばわずかに1画素。ただ、通常のデジカメの撮像素子が3色のカラーフィルターで色の情報を記録しているところ、この分光器では64色に分けて調べています。探査機やイトカワの動きにあわせて表面をスキャンしてデータを得ました。

❹この結果、どういう新たな謎が生じたか？

物質としてはどの場所でも同じだが、色や明るさが場所によってかなり違う。これは予想外でした。ラッコの毛皮の毛と皮は、同じタンパク質でできているが、色や明るさ、つまり質感が違って見える、というようなことと似ているかもしれません。

❺そして、人類に何がもたらされたか？

人類にとっては、正直言ってよくわかりませんが、私自身はもっと多くの種類の小惑星を見たくなりました。

REPORT

X-ray Fluorescence Spectrometry of Asteroid Itokawa by Hayabusa

Tatsuaki Okada,[1,2*] Kei Shirai,[1] Yukio Yamamoto,[1] Takehiko Arai,[1,3] Kazunori Ogawa,
Kozue Hosono,[1,2] Manabu Kato[1,2,4]

X-ray fluorescence spectrometry of asteroid 25143 Itokawa was performed by the x-ray spectrometer onboard Hayabusa during the first touchdown on 19 November 2005. We se those data observed during relatively enhanced solar activity and determined average ele mass ratios of Mg/Si = 0.78 ± 0.09 and Al/Si = 0.07 ± 0.03. Our preliminary results sugg Itokawa has a composition consistent with that of ordinary chondrites, but primitive achon cannot be ruled out. Among ordinary chondrites, LL- or L-chondrites appear to be more lik H-chondrites. No substantial regional difference was found on the asteroid surface, indica homogeneity in composition.

Understanding the relation between asteroids and meteorites is a long-standing problem in asteroid science, and a relation between S-class asteroids and ordinary chondrites might be constrained with new evidence provided by the Hayabusa x-ray fluorescence (XRF) spectrometer. Near-Earth asteroid 25143 Itokawa is classified spectroscopically as an S (IV)-type asteroid, and ground-based observations suggest that Itokawa has an LL-

chondrite composition [e.g., (1)]. Indeed, ly correlation between ordinary chondr S (IV) class asteroids has been suggeste (2)], but direct evidence to support this ing. Understanding the material compo Itokawa and its origin is a key scientific tive of the Hayabusa mission (3, 4). XR trometry by the x-ray spectrometer (XR conducted to obtain a major-elemental of the asteroid's surface in order to cla

1338 2 JUNE 2006 VOL 312 SCIENCE

含まれている「鉄」の状態から、生まれたのは木星と火星の間ぐらいであろうということも言えそうです。

でも、1つだけ不思議なことがあるんです。コンドライトにたくさん含まれているはずの「イオウ」が見あたらない。どこへいったんでしょうか。これまでの理論で説明できるものなのかどうか……。

❺そして、人類に何がもたらされたか？

この探査は言ってみれば、小惑星という太陽系の化石を「発掘」するための探検でした。「次にどこを狙うか」、惑星科学者の間に大論争がわき起こっています。楽しいですよ。

「第2回はやぶさ国際シンポジウム」
出席者の記念写真。
2006年7月13日、東京大学
本郷キャンパス・武田先端知ビル
「武田ホール」にて

REPORT

Touchdown of the Hayabusa Spacecraft at the Muses Sea on Itokawa

Hajime Yano,[1*] T. Kubota,[1] H. Miyamoto,[2] T. Okada,[1] D. Scheeres,[3] Y. Taka
M. Abe,[1] S. Abe,[4] O. Barnouin-Jha,[7] A. Fujiwara,[1] S. Hasegawa,[1] T. Hashim
M. Kato,[1] J. Kawaguchi,[1] T. Mukai,[4] J. Saito,[1] S. Sasaki,[7] M. Yoshikawa[1]

After global observations of asteroid 25143 Itokawa by the Hayabusa spacecr smooth terrain of the Muses Sea for two touchdowns carried out on 19 and 25 for the first asteroid sample collection with an impact sampling mechanism. initial findings about geological features, surface condition, regolith grain siz variation, and constraints on the physical properties of this site by using both housekeeping data during the descent sequence of the first touchdown. Close revealed the first touchdown site as a regolith field densely filled with size-so to centimeter-sized grains.

The most challenging engineering demonstration, as well as the most important scientific goal of the Hayabusa spacecraft (originally called MUSES-C) is the sampling of surface materials of the Apollo-type, near-Earth asteroid 25143 Itokawa (previously 1998 SF36). To maximize scientific promises of laboratory analyses of the returned

After completion of th tion phase, the Hayabus sampling-site candidates o

これまでの隕石とは全く質的に違うサンプルということになります。出自を推測するしかなかった隕石と違い、イトカワという天体のミューゼスの海という場所から掘りだされた〝物的証拠〟なんですから。

座談会

「科学技術立国＝日本」を伝える熱き使命と課題（上）

先端科学技術研究組織は、何をどう伝えるべきか

日本が活力を持ち続けるためには、高度の科学技術を追い求めることが何よりも大事。しかし子どもたちの「理科離れ」が進み、社会の科学技術への関心も希薄になっている。一方、天文学や宇宙科学、海洋科学、情報通信などの基礎研究や技術開発で日本は、世界のトップ水準の取り組みや成果をあげている。それらの成果を知れば、科学や技術に関心を持つ人々も増えていくはずだ。そこで求められるのが、難しい専門分野だが、実際はわくわくする取り組みや成果を熱い思いで伝える「広報パワー」だ。ここに、「科学技術立国＝日本」の命運がかかっている。その大切な役割を担う広報のスペシャリストとともに、その思いや課題を大いに語り合った。（山根一眞）

NAOJ
縣秀彦 氏
大学共同利用機構法人　自然科学研究機構
国立天文台天文情報センター普及室長

NICT
栗原則幸 氏
独立行政法人　情報通信研究機構
総合企画部広報室長

JAMSTEC
柴田桂 氏
独立行政法人　海洋研究開発機構
海洋地球情報部広報課長

JAXA
矢代清高
独立行政法人　宇宙航空研究開発機構
広報部長

司会進行・構成
山根一眞 氏
ノンフィクション作家、
「JAXA's」編集顧問

アマチュア天文家が後押ししてくれている

山根　まずは国立天文台の縣さん、１９９９年に完成した「すばる望遠鏡」は、国中をわくわくさせましたね。天文学への関心を一気に深めましたが手応えは？

縣　宇宙の謎を解く仕事としては、小柴昌俊さんがノーベル賞を受賞された東京大学宇宙線研究所の「カミオカンデ」のニュートリノの研究、ＪＡＸＡの太陽観測衛星「ようこう」の成果と並び、「すばる」も一般の方々に広く認知されました。これらは日本の基礎科学の成果として、教科書にも多く掲載されてます。

山根　理科の教科書に？

縣　理科に限らず、国語や社会や算数の教科書にも「すばる」の画像が取り上げられているんです。

山根　教科書にどれだけ採用されたかは、広報担当者の努力の通信簿になりますね（笑）。

縣　日本はアマチュア天文家と呼ばれる天文ファンがとても多く、インターネットなどでの後押しをしてくださっている効果も大きいんです。

山根　広報が掲載したウェブより詳しくわかりやすいアマチュアの方々のウェブも目立ちます。それは、いいことなのかどうか（笑）。宇宙科学のどういう点への関心が強いですか？

縣　宇宙３大関心事というのがあるんです。「宇宙の果てはどうなっているの？」「第２の地球はあるか？　宇宙人はいるのか？」「ブラックホールって何？」。

そのため、国立天文台では、この３点に関しては、ていねいに広報しています。

山根　縣さん、それで、宇宙人はいますか？

縣　ご説明には1時間ほどかかりますが……。

山根　またの機会にしましょう（笑）。

縣　一方で、恒星内部の原子の挙動で発見があった、といった画期的成果の発表をしても、メディアになかなか記事にしてもらえないという悩みはありますがね。

山根　国立天文台の広報マンとしては、「天文学者―アマチュア天文家―一般の方たち」というシームレスなつながりがあるので助かっているという面もあるんですね。

２００２年の秋でしたか、国立天文台の広報普及室がネット上で「しし座流星群を観測したビデオテープを無償提供します」と募集しているのを見て「講演に活用したい」と応募、送っていただいたことがあります。ここまでサービスしてくれるのかと感激しました。

縣　あ、それは私が国立天文台の広報普及室に移り最初にやった仕事なのですよ。

山根　それはそれは。

縣　当時の子どもたちの10大ニュースの第2位がしし座流星群だったほど、大きな社会現象だったので、これはちゃんと応えようとビデオ提供を考えたんです。ＮＨＫやＮＡＳＡとの共同ミッションで

ハイビジョンで撮影した映像を編集したんですが、100件を超える申し込みがありました。

子どもたちの間で確実に進む理科離れ

山根　JAMSTECの柴田さん、「研究分野と一般の方たちとの距離」といえば、「海」はかなり近いでしょう？

柴田　ものすごく近いです。海にはロマンがあり強い親近感がありますから。小学生を対象とした「ハガキにかこう海洋の夢　絵画コンテスト」を続けていますが、毎年、3万〜4万件も応募があります。入賞の副賞として、保護者の方とともに14組をJAMSTECの支援母船「なつしま」に乗船し、海洋調査の現場の日帰り体験をしていただいています。これまでは鹿児島の錦江湾だったんですが、今年は相模湾を予定しています。ハイパードルフィンのコントロール室や「なつしま」の操舵室で実際に操縦をするといった体験に、子どもたちはものすごく感激してくれます。

山根　海中カメラでリアルタイムの観察も？

柴田　それもありますし、同行する専門研究者の指導で、海中から採取した小さな生物のサンプルを顕微鏡で見て調べるといった研究者気分を味わうプログラムもあります。

山根　いいねえ、この体験がきっかけで研究者を目指したいという子どもたちも出てきそうだわ。

柴田　いますよ。高等学校と専門学校生を対象とした「マリンサイエンス・スクール」はリピーターもいて、「面白くて海の科学の道に進みました」という方も。

山根　子ども時代に、海が好き、宇宙が好き、コンピューターが好きといった興味や強い好奇心をまず抱くきっかけを与えることが、とても大事ですね。彼らがやがては、科学技術立国を支える研究者やエンジニアに育つわけですから。しかし、子どもたちの理科離れはかなり深刻でしょう？

柴田　私の子どもは中学生と小学生ですが、理科や数学の教科書は、ものすごくマンガが多いんです。どうしてこんな表現ばかりになってしまったのか、と。

山根　マンガが多い？

柴田　「理科」は授業時間数も少なく、教えることも教わる機会も乏しくなっています。たとえば「圧力」といった基本的なことすら「大気圧は1013ヘクトパスカルです」とだけ記載されています。私の子ども時代の教科書には、「水深10メートルでプラス1気圧」と必ず教科書に記載されていたが、今は削除されている。だから、「水圧って何？」と聞いてもわからない。ホームページに寄せられる質問で、「潮の満ち引きって何ですか？　引いた潮はどこへ行き、どこから帰ってくるんですか」というのもあるほどですから。

司会の山根一眞氏

山根　「水深10メートルでプラス1気圧」という基礎学習をしていないと、将来、スキューバダイビングで遊ぶ時に事故につながりかねないな。とんでもない質問、かなり多くなってますか？　「地球は止まっていて、その周囲を太陽が回っているんだ」と思っている子どもがいるとか？

縣　それは04年に調査をしてますが、小学校の4〜6年生で、「太陽の周囲を地球が回っている」と認識している子は6割しかいないことが明らかになってます。

山根　たったの6割!?

縣　4割は、天動説です。

山根　プトレマイオスの天動説は2世紀の学説。今の子どもの科学知識が1900年前の水準とは……。

縣　これも、小学校の教科書で扱っていないんです。太陽が西に沈むことを認識していないというケースもあります。「太陽はどちらに沈みますか？　方角をあげてください。1番が南、2番が東、3番西、4番わからない」。この4択問題を出したら、正解が都市部では6割。4割の子が間違えているんです。

山根　都会の子どもの4割は、太陽がどこに沈むか知らないだって!?

縣　はい、理解していません。

山根　理解ということよりも、日没を見たことも考えたこともないのでは？

縣　そうだと思います。我々の子どもたちの世代は、そういう体験をする機会がなく、関心もない。

山根　高村光太郎が『智恵子抄』で「智恵子は東京に空がないと言ふ、ほんとの空が見たいと言ふ。私は驚いて空を見る」と書いたが、うーん、都市の子どもの4割が智恵子化していたとは(笑)。地方部の子どもはまだいい？

縣　いいえ。今年の3月に沖縄県の石垣島に、国立天文台、石垣市やNPOなど5者連携の新しいタイプの天文台を作ったんですが、「石垣島の子どもたちでも太陽がどこに沈むか知らない子が多い」と聞かされました。

山根　都市も地方も、子どもたちは家の中でゲームばかり。

縣　ゲームと塾、日本中どこも同じと知り、愕然としました。

理科に興味がないわけではない

山根　JAXAの矢代さん、寄せられた質問でびっくりしたこと、ありますか？

矢代　「太陽がどこから上がるのかを知らない」という知識欠如は共通しています。JAXAが的川泰宣先生を中心に宇宙教育センターを発足させたのは、そういう危機感も大きかったんです。基本的な理科の知識が劣化しているのは事実ですが、子どもたちが興味を失っているわけではないと思います。

6月25日に、佐賀県多久市で「JAXAタウンミーティングin多久」を開催しました。この催事はJAXAの役職員や宇宙飛行士が出かけて行き、一般の方たちと双方向で直接対話する試みで、講演会のような一方通行ではないんです。この日は梅雨前線で大雨だったにもかかわらず、ふだんは宇

宙にまったく縁のない100人ものの方が集まってくれたんですが、その半分が子どもだったんです。

山根　知識は乏しいが興味がないわけではない、というのは重要なことだわ。

矢代　はい。子ども連れのお母さんも目立ったんですが、「星出彰彦宇宙飛行士に会って勇気付けられた」「将来のために有意義な話が聞けた」「日本も独自の有人宇宙活動をすべきでは」「有人宇宙活動のほか、宇宙科学やリモートセンシングもどんどんやってほしい」など、元気のいい意見が多かったですよ。

　お父さんお母さんたちは、1969年にNASAが月に人間を送ったことは当然知っているわけです。しかし日本の今の宇宙開発については、種子島や内之浦にロケットを打ち上げる場所があるみたいだくらいは知っていても、具体的には何をどうやっているのかはあまりご存じない。

　日本の宇宙開発技術はそんなに高くなく、アクティビティーも低いと受け止められている感じです。ただ昨年、野口宇宙飛行士がスペースシャトルで宇宙へ行ったことはテレビを通じてよく知っているんですがね。

山根　先日、久しぶりに皆さんご存じのうるさがたのノンフィクション作家に会って小惑星探査機「はやぶさ」の話をしたところ、「何それ？　ああ、それ、NHKで見たわ」という程度の認識だったのにびっくり。「イトカワ」到達の成果は、人類史に記すべき大偉業なのに、これは何なのだと思いました。オピニオンリーダーと呼ばれる人たちでも、「理科に弱い」人が大半です。

　広報マンは、学校教育とは別の、もっと大きな社会教育を担わなくてはいけないんですかね？

縣　OECDは、先進国の平均的な大人の科学技術の理解度調査を続けてますが、日本は最も下位のグループになっています。「男性か女性かを決める遺伝子は男性側が持っている」「大陸は移動した」「音波を集めるとレーザーになる」こういった問題に○か×かで回答してもらうんですが、日本の大人はきわめて理解度が低い。

　ところが小学校・中学校・高校の学力検査の国際比較となると、この30～40年、日本はずっとトップクラスなのです。算数、国語、理科での成績を見ると、とりわけ理科や算数の力は、サッカーでいうならブラジル以上。「最近は学力が落ちてきた」といっても、韓国やシンガポールと同水準で、トップグループにはある。つまり、子どもは優秀なのに、大人になると予選落ちになる。大人では、サッカーなどスポーツや音楽、美術などの文化系では理解度の高さが維持されているのに、サイエンスではガクンと落ちてしまう。

山根　何が原因だろう？

縣　これは私の持論ですが、大学入試が文系と理系に明確に分けられているため高等学校段階で理系と文系を選択し、大学入試に向けた受験勉強に集中する。文系を選ぶと、6～7年間の最も大事な時代に、理科や算数など理系の知識を得る機会が失われてしまっているからではないか、と。

山根　社会の側の問題もある？

縣　ええ。学校だけでなく社会の問題も。「科学や技術は一部の理工系の人たちがやっていることで、社会全体にはあまり関係ない」という風潮も強いですね。

山根　この15年、「理系男はオタクでカッコ悪く、金も儲からないし女の子にももてない」という価値観が非常にはびこりました。一方で、カネ儲けがうまいと見られたホリエモンや投資ファンドの村上をスター扱いしてきた。どうしてこうなったんでしょうね？

柴田　面白さがわかる前にやめちゃうわけです。子どもたちに科学の面白さが伝わっていないんですね。たとえば算数の分数の割り算では、「ひっくり返して掛けなさい」としか言わない。簡単に答えを導き出し100点が取れる教え方しかしてない。これじゃ、全然面白くない（笑）。なぜひっくり返すのかを教えていない。そういう時間がないことも大きいですね。

山根　「不思議を考える」余裕を大人が奪っている……。

柴田　木を削ることから始める工作をする子どもはいないし、「半田ゴテ」を使う子どももいなくなっちゃった。「危ないから与えない」というので、はさみも先の丸いものしか使えず、カッターはダメ。落ちる前から危ないといって木にも登らせない……。

JAMSTEC
柴田桂・広報課長

山根　それ、皆さんの研究所で、実験で事故があると、すぐに大ニュースなって「けしからん」と叩くメディアと根は同じでは？　失敗しない実験なんてないんです。この数百年、失敗の積み重ねを通じて科学技術は進化してきたが、そういう科学技術とは何かがわかっていない。H－Ⅱロケットシリーズも、当初は「実験機」だったのに、失敗でものすごく叩かれましたよね。

矢代　現実には、なかなか「実験」と呼ばせてくれない事情が……（笑）。

山根　広報は、こういう社会の側の意見には、積極的に反論していくことも必要なのでは？

矢代　難しいところですが、失敗だけを取り上げて、その先には何もなくなってしまうような叩き方に対しては、いつもじくじたる思いがしてます。

　失敗を許さない、あるいは突出した独創性を許さないのでは、あらゆる研究開発は止まってしまいます。ワールドカップで惨敗した日本のサッカーも同じで、勝てば何もいわれなかったでしょうが……。サイエンスやエンジニアリングの世界でも同じことが起こるのではと思うんです。失敗に直面したエンジニアが、反省しながらも次の成功に向けて全力で頑張る姿勢を見たなら、褒めずとも、失敗を教訓として頑張ってほしいと温かく見守ってくれてもいいんですがね。

栗原　先日、私どものところに、将来の進路の参考にするためにと、高校生46名が見学に来ました。私は彼らにこう話したんです。「研究者になるための一番大事なポイントは独創性を持ったアイデアだ」と。今の時代はインターネットの発達で情報の入手はとても簡単になりました。ネットで得た情報のコピー＆ペーストで、宿題もレポートもできてしまう。そのため、子ども時代から自分のオリジナリティを育てていく環境がなくなってきていることもありますよ。

体験しながら原理を学んでもらう

山根　そういうネット情報化社会の一翼を担ってきたのが、NICTかな（笑）。でも、NICTは子どもたちを集めたイベントを年に1回開催してますよね？

栗原　ええ、施設一般公開でも子どもたちに情報通信技術への理解を進める企画をいろいろと続けてます。今年4月に開催した「科学技術ふれあいデー」で好評だったのが「ファックスの原理を学ぶ」というイベント。

山根　ファックスは、日本が開発した「画像通信」技術。

栗原　これが、予想外に好評だっ

JAXA
矢代清高・広報部長

NAOJ　縣秀彦・天文情報センター普及室長

たんです。子どもが自分で自分のパソコン上に絵を描き、その絵を電子信号に変換し、送信する。でも、単に電線をつなげて送信するのでは面白くないので、伝送信号を「ピロピロピロッ」という音に変換して同じ部屋のあちこちでその音を受信して画像の復元をする実験を行ったわけです。

山根　それは面白い！　ファックスは、「アナログの紙画像→画像のデジタル化→音というアナログ信号化し電話線で伝送→アナログ音情報を受信しデジタル変換→アナログデータである紙に画像を復元プリント」というアナデジアナ通信。電話回線の部分を電線ではなく、空気中の音で伝えたのね。通信の勉強にはうってつけだわ。

栗原　そうなんです。子どもたちは、それを目の前で体験した。マイクロフォンを何本も立てれば、何人にでも同時に絵が伝わっていく、と。

山根　ファックスを使う時に聞こえるピー、ピロピロピローの不思議な音の意味がよくわかるわ。

栗原　体験しながら原理を学んでもらったわけです。小学3年生ではちょっと難しいが小学校高学年の子たちは非常に喜んでいましたね。

山根　ファックスは日本人が開発した技術ですよね。欧米ではテレクスが普及していたが、あれはアルファベット26文字で済むので通信もシンプル。だが漢字など文字数が多い日本語テレックスは通信が大変。そこで、日本語を画像で送ろうとファックスが開発された。そんなものは日本人しか使わないと思われていたが、画像入りの書類が電話で送信できることから、電子メールがなかった時代に文書送受信の世界のスタンダードになったんですね。

栗原　そうでしたか。それもいっしょに説明すればよかった（笑）。

科学を文化としてとらえるのが大事

縣　科学教育が重要なのは疑いないんですが、発想の転換がそろそろ必要になっていると思うこともあるんです。

山根　どういう意味？

縣　体育の先生が水泳の指導をする時、北島康介選手のような金メダル・スイマーを育てるような熱意をもって取り組んでいるかというと、そんな先生はごくわずか。音楽の先生も、世界的ミュージシャンを育てようと思って授業をしている先生は稀でしょう。ところが熱心な理科や数学の教師は、教え子がノーベル賞をとれるように、博士号がとれるように、優秀な技術者になれるようにといった思いをどこかに持ちながら授業を行っているものなんです。そういう授業では、一般の大人が生活していくために必要な理科常識よりはるかに高いレベルの知識や理解を生徒に要求しがちです。これではついていけない子どもが大半になるのは当然で、「理科や算数、ひいては科学技術は苦手」というトラウマばかりを量産してしまっているかもしれない。そうではなく、スポーツや音楽や芸術を楽しむように、科学技術を「楽しめる基礎力」を身につけさせようという発想の転換が必要になっているのではと。

山根　芸術のように人生を楽しむための手段として科学を位置づけるべき？

縣　そうです、そうです。文化としてとらえることが大事です。金メダル選手やサッカー日本代表選手は、社会が育てているわけです。社会の中で競い合い戦ってヒーロー像が誕生していく。科学もそうなってくれないかなぁというのが、私の夢（笑）。

山根　私は科学技術の知識は乏しいが、文化として科学をとらえることで何とかやっております（笑）。

　さて、そういう「理科」の危機を前にした広報の役割はますます重いですね。これまで広報は、マスメディアへの情報提供という仕事が中心だったと思うんですが、これからは一般の方たちへの直接の語りかけが大事になってきているんですね。

NICT
栗原則幸・広報室長

縣　その通りです。国立天文台もJAXAと同じように改組をしたのを契機に、メディアを中心としたPR活動と一般の方々への働きかけを同じ「広報普及室」が担っていた仕事の役割2つにわけたんです。従来の広報、PRはPRでちゃんと行う。一方、一般の皆さんにこの分野を体験、理解してもらうためのイベントの運営などは別組織で集中して行う、と。

山根　メディア広報と一般理解促進の2本立てはいいですね。JAMSTECは？

柴田　広報業務はもともと普及・広報課と情報業務課とバラバラに行っていました。情報業務課は、データ管理なども担当していました。しかし広報活動はひとまとめにということになり、この4月にアウトリーチも含めて広報を強化するために、普及・広報課と情報業務課の一部が統合されて広報課になりました。またマスメディア対応は報道室が別にあり、報道と広報は分かれている状態です。

山根　そこまで思い切ったのはいいが、仕事量は増大？

柴田　えらいことになってます（笑）。今までは横須賀本部と横浜研究所、それぞれに担当課長がいたんですが1つに統合。今は、横須賀と横浜を行ったり来たりしていますから、すごく大変な毎日（笑）。報道は報道のセクションでやってくれるので助かりますが、広報といっても広報なのかアウトリーチなのかわからない内容のものもありますから。新体制直後の4月から一般公開やら地球深部探査船「ちきゅう」の公開などイベントが続いていているんですが、一般へのJAMSTECの理解促進は大きくなっているとは思いますがね。

山根　JAXAは航空・宇宙の3機関が統合されて、広報も一本化されました。でも、組織が3倍になったのに広報予算や人が3倍になったわけではないような……。皆さん、広報にかける予算はあまりにも少ないと感じていますか？

全員　まったく足りないです（笑）。

山根　これからは従来型の、マスメディアにニュース・リリースを出すだけの広報活動ではなく、科学技術の普及や社会教育など、大きな使命が求められているということを実感しました。

栗原　総合科学技術会議で、青少年を対象としたアウトリーチを頑張っていこうという働きかけが始まってます。これは大変いいことだと思っています。

山根　それを具体的に担うのは皆さんの組織。でも人と予算不足では国が望む成果は得られないはず。NASAは総予算の10％以上を広報に注いでいるために国民の大きな支持を得て、月へ人を送り込むこともできた。だが日本の基礎科学や技術研究所はどこも1～2％以下。このあたりの意識改革がまず必要ですね。

（次号に続く）

1周年を迎えたJAXA宇宙教育センター

学校現場で行う教育支援活動

**宇宙や宇宙開発の成果がもつ魅力的な素材を活用して
子どもたちの好奇心を喚起することで、心豊かな青少年を育成したい。そんな熱い思いが動機となった
宇宙教育センターの発足から１年余り。その後の活動経過をふまえて、
実際に全国の教育現場へ足を運んできたスタッフは
どんな課題を掲げ、どのような針路を見出しているのでしょうか。**

先生方と議論しながら授業に宇宙を取り入れる

①宇宙の現場で働く人が自身の体験を語る独自の教育プログラムによる実践活動、②学校現場の先生方と議論しながら授業プログラムをつくる支援活動、③ホームページなどのメディアを通じて教育素材を提供する情報発信活動、④大学生や学生団体の宇宙関連活動への支援・連携、そして⑤海外の宇宙機関等との連携活動。

この5つの柱を中心に幅広い活動を展開する宇宙教育センターは、中でもとりわけ教育現場への支援に力を入れ、着実な成果をあげてきました。昨年度は小・中・高等学校など合わせて20校以上、今年度はその2倍の40校へ

の支援に取り組んでいます。JAXAが主体となって行うコズミックカレッジなどの実践活動は、宇宙飛行士や宇宙科学者、宇宙技術者たちが直接子どもたちに接する「実物教育」として重要なものですが、この直接教育活動を受けられる人の数には限りがあります。

これに対して、支援活動はあくまでも国の学習指導要領に基づく学校教育の中に、宇宙の素材をどのように取り込んでいけるかを議論しながら、先生方の授業プログラムをつくり上げていくものです。

宇宙という素材で「子どもの心に火をつける」

支援活動においてスタッフがもっとも苦労するのは、授業するのはあくまで「先生」という考え方を正しく理解してもらうことです。学校教育ではこれまであまりなかっためずらしい活動であり、依頼を受けて話してみると、JAXAのスタッフが出張して授業をしてくれるものと誤解されているケースも少なくありません。

そういう場合、子どもたちのことをいちばんわかるのは実際に日々接している学校や先生方であり、スタッフは「素材と人材を提供する立場」という前提を説明します。「宇宙」という1つの決まった形の授業プログラムが存在し、それを通り一遍に教えるのではなく、先生方が行っている通常の授業に「宇宙」という切り口を加えて子どもたちの関心を大きく引き寄せるのだと認識してもらいます。

この点について宇宙教育センターの岸詔子主査は、「最終的な着地点が宇宙でなくてもいい」と話します。

「私たちはもの知り博士や宇宙のことに詳しい子どもを育てたいわけではありません。もちろんそれはそれですばらしいことですが、私たちは、宇宙という素材を通して〝子どもの心に火をつける〟ことをめざしているのです」

理科に限らず、授業を担当する先生によって取り上げるテーマはさまざまです。実際に授業をしてみると、試みとして反映しやすいのは、やはり総合学習の時間ですが、たとえば衣食住を扱う家庭科の授業で宇宙での暮らしを取り上げることも可能です。通常の家庭科の授業として知識を得るのとちがい、宇宙食や宇宙服を考えるだけで子どもたちの目はいきいきと輝き、面白い発想が飛び出してきます。

可能性は無限であり、「この教科で宇宙を扱うのも面白いよね」という先生方の自由な発想こそが、この活動に新しい道をつくり、より充実したものに育てていきます。

的川泰宣・宇宙教育センター長（左）と岸詔子主査（右）

将来の拠点づくりへ向け、導入教材なども作成

昨年度の活動成果の1つとして、先生が授業を行う際のきっかけとなるような10のテーマを盛り込んだ「導入教材」を学校現場の先生方と一緒に作成しました。たとえば宇宙の無重量状態で泳ぐカエルの写真や、X線望遠鏡で撮った太陽の写真、月での暮らしをイメージできるイラストなどをパッケージして、まずは「理科編」として冊子にまとめました。今年度は「家庭科編」の作成にも着手しています。

JAXAがこれまでに蓄積してきた豊富な宇宙関連の画像・映像を提供し、授業の最初に子どもたちに見てもらう。その5分間で子どもたちの心をつかみ、その後の授業へのきっかけとして興味を引っ張り込む。それは、お仕着せの完成パッケージではなく素材としての教材を求める、まさにやる気のある先生方のためのツールです。

このような活動の中には、宇宙教育センターの設立以前から一緒に取り組みを続けてきた中学校もあれば、まったく新しい地域からの支援の要請もあります。センターの活動はこの1年で大きく広がり、たしかな根を下ろしつつあります。うれしい半面、現在のスタッフでは増え続ける要請への対応に限度があるのも事実です。

宇宙教育センターの渡辺勝巳室長は、「いずれは各地域で自主的な活動が可能になるよう、全国に拠点をつくりたい」と語ります。

「宇宙に目を向けることで、そこから何かを感じとってほしい。この活動を通して、〝いのちの大切さ〟を知る心豊かな青少年の育成に寄与できれば大変うれしいですし、私たちスタッフも、先生方との協同作業や子どもたちの反応に触発される部分が多くあります。そのためにもぜひ1校でも多くの学校に参加してもらいたいですね」

宇宙教育センターの教育支援が、全国の学校に広がり、それが先生方、そして子どもたちの大きな財産となるよう、活動はこれからも続きます。（取材・文／山中つゆ）

宇宙教育センターの渡辺勝巳室長

最前線

INFORMATION 1
STS-121ミッションが終了

昨年7～8月のSTS-114に続く1年ぶり、2回目の飛行再開フライトであるSTS-121ミッションが7月17日無事終了しました。米国・ケネディ宇宙センターから日本時間の7月5日に打ち上げられたディスカバリー号は、飛行3日目に国際宇宙ステーション(ISS)とドッキングし、物資の補給や3度の船外活動で装置の交換などを行った後、13日間の飛行を終え、無事帰還しました。

STS-121打ち上げの瞬間。提供：NASA

INFORMATION 2
若田宇宙飛行士が極限環境ミッション運用訓練に参加

若田光一宇宙飛行士は7月22日から1週間、将来のISS長期滞在に向けた準備として、フロリダ州キー・ラーゴ沖の海底で行われた米国航空宇宙局(NASA)の極限環境ミッション運用(NEEMO)訓練にコマンダー(チームリーダー)として参加しました。NEEMO(NASA Extreme Environment Mission Operations)は、他の山岳訓練や寒冷地訓練等の長期滞在訓練をさらに発展させたもの。若田宇宙飛行士ら4人の訓練メンバーは22日朝、海底約20mに設置された施設「アクエリアス」に到着、訓練を開始しました。

右から2人目が若田宇宙飛行士。提供：NASA

INFORMATION 3
宇宙ステーション補給機(HTV)の試験機を公開

JAXAはこのほど、国際宇宙ステーション(ISS)の運用に必要な物資を補給する「宇宙ステーション補給機(HTV)」の試験機を公開しました。HTVは無人の軌道間輸送機で、全長10m、最大直径4.4mの円筒形をしており、6トンの物資をISSへ運ぶことができます。開発中のH-IIBロケットにより、08年度に打ち上げられます。

公開されたHTV試験機

INFORMATION 4
イギリスのファンボロー航空ショーに出展

JAXAは、7月17～23日に英国ロンドン郊外で開催されたファンボロー航空ショーに出展しました。スペースパビリオンの一角に「はやぶさ」、「だいち」、「SST」、そして「H-IIAロケット」などの模型を展示し、NASA長官を始めとする多くの来場者を迎えました。7月19日にはスペースデイが開催され、各宇宙機関の機関長の会合で活発な意見交換が行われました。

スペースデイに集まった各宇宙機関の機関長
(写真右端はJAXA間宮馨副理事長)

展示風景

INFORMATION 5

「宇宙技術および科学の国際シンポジウム」開催

「第25回宇宙技術および科学の国際シンポジウム(ISTS)」が6月4~11日、石川県金沢市で開催されました。ISTSは、日本で開かれる宇宙技術、宇宙科学の国際学会としては最大規模で、世界でも指折りの大きな学会。今回は深宇宙科学から宇宙教育まで幅広い分野で延べ600以上の発表が行われました。次回は、08年に静岡県浜松市で開催されます。

INFORMATION 6

「宇宙を教育に利用するためのワークショップ」参加者を募集

JAXAは教育関係者を対象に、宇宙開発を題材とした指導方法や事例について研修、意見交換や情報提供などを行う「宇宙を教育に利用するためのワークショップ」への参加者・発表者を募集中です。ワークショップは来年2月に米国・ヒューストンで開催されます。募集締め切りは9月15日(必着)です。詳細はJAXAウェブサイトでご確認ください。

今年開かれたワークショップの様子

INFORMATION 7

TEPIAハイテク・ビデオ・コンクールで入賞

財団法人機械産業記念事業財団(TEPIA)が主催する第16回TEPIAハイテク・ビデオ・コンクールに、JAXAが企画したビデオ2作品が入選しました。電波天文衛星「はるか」が実現したスペースVLBIを紹介する「3万kmの瞳ー宇宙電波望遠鏡で銀河ブラックホールに迫るー」が最優秀作品賞・映像文化製作者連盟会長賞を、昨年のスペースシャトル・ディスカバリー号のミッションを取り上げた「野口宇宙飛行士が翔んだ! STS-114」が奨励賞を、それぞれ受賞しました。

JAXA平林久教授の受賞挨拶

INFORMATION 8

「宇宙の日」ふれあいフェスティバル2006

9月8~10日、金沢市で「宇宙の日」ふれあいフェスティバル2006が開催されます。宇宙や科学の不思議がわかる楽しい実験や工作、ビデオ上映、日本人宇宙飛行士が出演する「スペーストークショー」や「小惑星に名前をつけよう!」など宇宙に関するさまざまなプログラムが行われます。

JAXA's 009 宇宙航空研究開発機構機関誌

発行企画●JAXA(宇宙航空研究開発機構)
編集制作●財団法人日本宇宙フォーラム
デザイン●Better Days
印刷製本●株式会社ビー・シー・シー

平成18年8月1日発行

事業所等一覧

本社
航空宇宙技術研究センター
〒182-8522
東京都調布市深大寺東町7-44-1
TEL：0422-40-3000
FAX：0422-40-3281

航空宇宙技術研究センター
飛行場分室
〒181-0015
東京都三鷹市大沢6-13-1
TEL：0422-40-3000
FAX：0422-40-3281

東京事務所
〒100-8260
東京都千代田区丸の内1-6-5
丸の内北口ビルディング（受付2階）
TEL：03-6266-6000
FAX：03-6266-6910

相模原キャンパス
〒229-8510
神奈川県相模原市由野台3-1-1
TEL：042-751-3911
FAX：042-759-8440

筑波宇宙センター
〒305-8505
茨城県つくば市千現2-1-1
TEL：029-868-5000
FAX：029-868-5988

角田宇宙センター
〒981-1525
宮城県角田市君萱字小金沢1
TEL：0224-68-3111
FAX：0224-68-2860

種子島宇宙センター
〒891-3793
鹿児島県熊毛郡南種子町
大字茎永字麻津
TEL：0997-26-2111
FAX：0997-26-9100

内之浦宇宙空間観測所
〒893-1402
鹿児島県肝属郡肝付町
南方1791-13
TEL：0994-31-6978
FAX：0994-67-3811

地球観測センター
〒350-0393
埼玉県比企郡鳩山町大字大橋
字沼ノ上1401
TEL：049-298-1200
FAX：049-296-0217

地球観測研究センター 晴海分室
〒104-6023
東京都中央区晴海1-8-10
晴海アイランド トリトンスクエア
オフィスタワーX棟23階

能代多目的実験場
〒016-0179
秋田県能代市浅内字下西山1
TEL：0185-52-7123
FAX：0185-54-3189

三陸大気球観測所
〒022-0102
岩手県大船渡市三陸町吉浜
TEL：0192-45-2311
FAX：0192-43-7001

名古屋駐在員事務所
〒460-0022
愛知県名古屋市中区金山1-12-14
金山総合ビル10階
TEL：052-332-3251
FAX：052-339-1280

勝浦宇宙通信所
〒299-5213
千葉県勝浦市芳賀花立山1-14
TEL：0470-73-0654
FAX：0470-70-7001

増田宇宙通信所
〒891-3603
鹿児島県熊毛郡中種子町
増田1887-1
TEL：0997-27-1990
FAX：0997-24-2000

臼田宇宙空間観測所
〒384-0306
長野県佐久市上小田切
大曲1831-6
TEL：0267-81-1230
FAX：0267-81-1234

沖縄宇宙通信所
〒904-0402
沖縄県国頭郡恩納村字安富祖
金良原1712
TEL：098-967-8211
FAX：098-983-3001

衛星利用推進センター
大手町分室
〒100-0004
東京都千代田区大手町2-2-1
新大手町ビル7階
TEL：03-3516-9100
FAX：03-3516-9160

小笠原追跡所
〒100-2101
東京都小笠原村父島桑ノ木山
TEL：04998-2-2522
FAX：04998-2-2360

［海外駐在員事務所］

ワシントン駐在員事務所
JAXA Washington D.C. Office
2020 K Street, N.W.suite 325,
Washington D.C .20006,U.S.A
TEL:202-333-6844
FAX:202-333-6845

ヒューストン駐在員事務所
JAXA Houston Office
100 Cyberonics Blvd.,
Suite 201 Houston, TX 77058 U.S.A
TEL:281-280-0222
FAX:281-486-1024

ケネディ宇宙センター駐在員事務所
JAXA KSC Office
O&C Bldg., Room 1014, Code: JAXA-KSC,
John F. Kennedy Space Center FL 32899, U.S.A
TEL:321-867-3879
FAX:321-452-9662

パリ駐在員事務所
JAXA Paris Office
3 Avenue Hoche, 75008 Paris, France
TEL:1-4622-4983
FAX:1-4622-4932

バンコク駐在員事務所
JAXA Bangkok Office
B.B Bldg., 13 Flr.Room No.1502,
54, Asoke Road., Sukhumvit 21
Bangkok 10110, Thailand
TEL:2-260-7026
FAX:2-260-7027

東京駅丸の内北口より徒歩1分　10:00～20:00・年中無休（元旦を除く）

宇宙航空研究開発機構
Japan Aerospace Exploration Agency

広報部　〒100-8260 東京都千代田区丸の内1-6-5
丸の内北口ビルディング2F
TEL:03-6266-6400　FAX:03-6266-6910

JAXAホームページ http://www.jaxa.jp
宇宙情報センターホームページ http://spaceinfo.jaxa.jp
最新情報メールサービス http://www.jaxa.jp/pr/mail/